

# 宇宙線起源核種および安定同位体分析による 太陽活動・宇宙線・気候変動についての研究

研究費 400,000円

旅費 157,000円

一次線 宮原ひろ子

## 共同研究者

横山祐典、坂下渉、山口保彦(東大海洋研)

松崎浩之(東大工学系研究科)

磯崎行雄(東大教養学部)

中塚武(名大環境学研究科)

草野完也(名大STE)

丸山茂徳、片岡龍峰、阿瀬貴博、

小笠博貴、力石祐介(東工大)

堀内一穂(弘前大学)

本山秀明(国立極地研究所)

高橋幸弘(北大)

青野靖之(大阪市立大学)

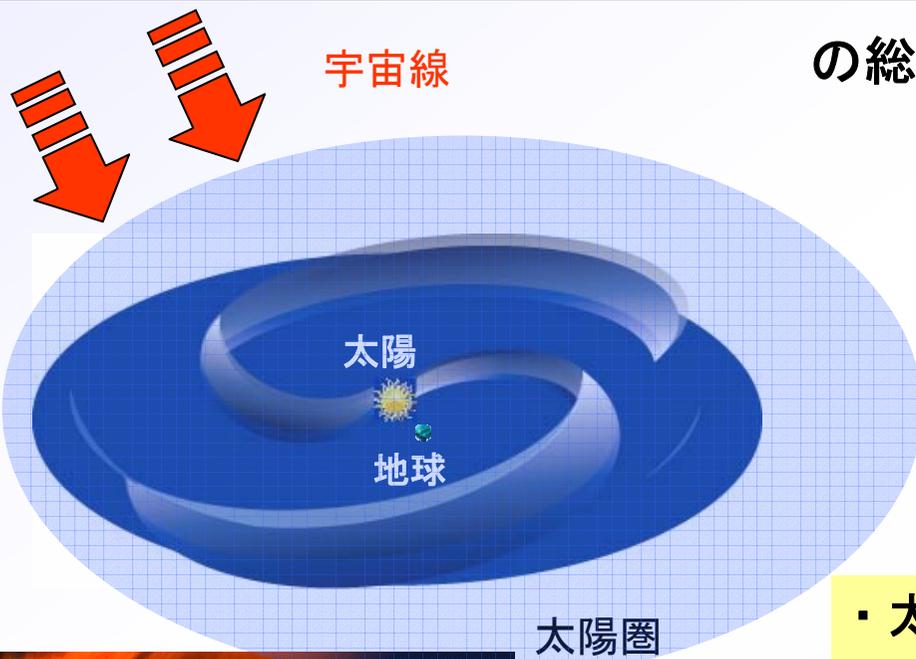
宗像一起(信州大学)

櫻井敬久、門叶冬樹(山形大)

# 研究目的

## 太陽地球気候システム

太陽 ⇒ 太陽圏磁場 ⇒ 宇宙線変動 ⇒ 気候 / 気象



の総合的理解 + 予測手法の確立を目指す。

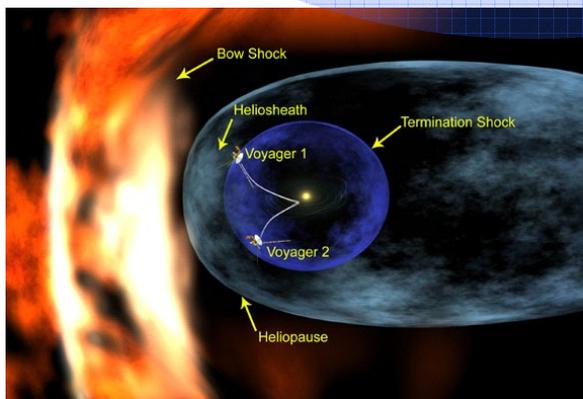
気候予測には

- ・太陽活動の長期予報
- ・日射量以外の太陽活動の影響

が未だ組み込まれていない

気候モデルの構築と気候予測の取りまとめに  
追いつく必要がある

- ・ 太陽ダイナモの長期変動の理解
- ・ 太陽圏の変動
- ・ 宇宙線の太陽モジュレーションの物理
- ・ 宇宙線変動に対する気候システムの応答



27日(自転)スケールから数万年スケールまで

# 概要

## 手法

- ① 樹木年輪・南極氷床コアの宇宙線生成核種(宇宙線)および安定同位体分析(気候)
- ② 雲量の衛星観測データ解析(気象)

## [1]太陽ダイナモの変遷史と変動メカニズム

- ・太陽活動の11年基本周期の検出による過去1万年間の太陽活動変動史
- ・無黒点期(マウンダー極小期など)の太陽ダイナモ特性
- ・発生直前の基本周期の変化と無黒点期の経験的予測

## [2]古太陽圏環境と宇宙線モジュレーションの長期変動

- ・ベリリウム10の変動特性に基づく無黒点期(マウンダー極小期など)の太陽圏構造(宇宙線の太陽モジュレーションのモデルとの比較に基づく解説)

## [3]太陽活動および宇宙線が気候変動に影響するメカニズム

- ・マウンダー極小期における宇宙線増加イベントにともなう気候変動の検出とマッピング
- ・27日自転周期にともなう気象現象の解析(衛星データ)

# 2010年の活動

## [1]太陽ダイナモの変遷史と変動メカニズム

- ・ 極小期直前の炭素14の分析  
マウンダー・シュペラー・ダルトンの3つの極小期の前兆的周期変動  
(Miyahara et al., J. Cosmology, 2010)
- ・ 宇宙線研所有の屋久杉の切り出し, 西暦200~400年の炭素14の分析
- ・ 弘前ヒバ(7200BP)の炭素14の分析
- ・ マウンダー極小期の炭素14の超高精度分析@山形大加速器に向けた準備



## [2]古太陽圏環境と宇宙線モジュレーションの長期変動

- ・ 南極氷床コア中の $^{10}\text{Be}$ 分析完了(マウンダー極小期を0.8~1年分解能) (論文準備中)
- ・ グリーンランド氷床中の $^{10}\text{Be}$ のデータの変動特性の解析・解釈 (Miyahara et al., Journal of Geography, 2010)

## [3]太陽活動および宇宙線が気候変動に影響するメカニズム

- ・ マウンダー極小期における特異な太陽圏がもたらした宇宙線イベントと気候変動の対比  
(Yamaguchi, Yokoyama, Miyahara et al., PNAS, 2010)
- ・ 日本各地のマウンダー極小期の樹木試料の収集
- ・ 古日記データの解析
- ・ 過去2000年間の気候復元に向けて、宇宙線研の屋久杉の分析とキャリブレーション用試料の収集
- ・ 太陽の自転スケールに着目した熱帯域の雲生成活動の解析  
Takahashi et al., ACP, 2010  
Hong, Miyahara et al., JASTP, 2010

# マウンダー極小期にて発見された特異な宇宙線イベント

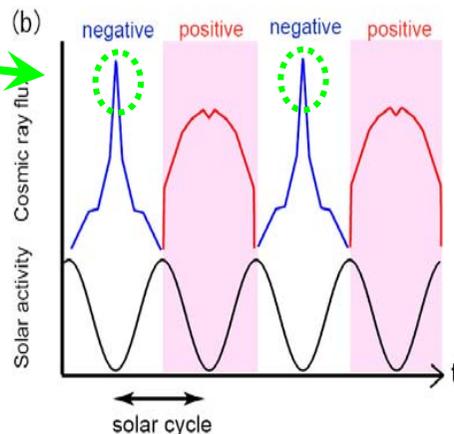
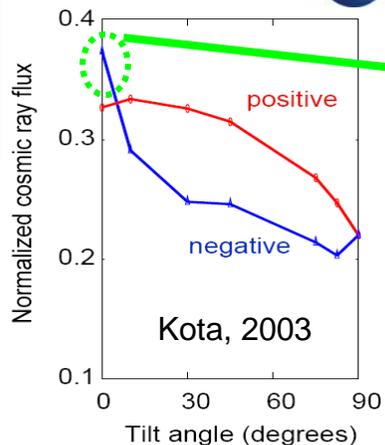
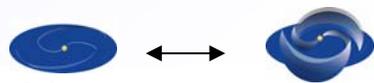
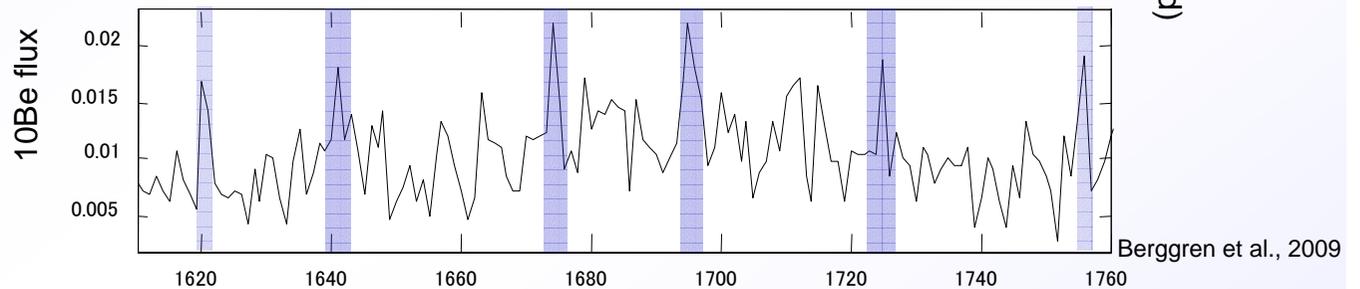
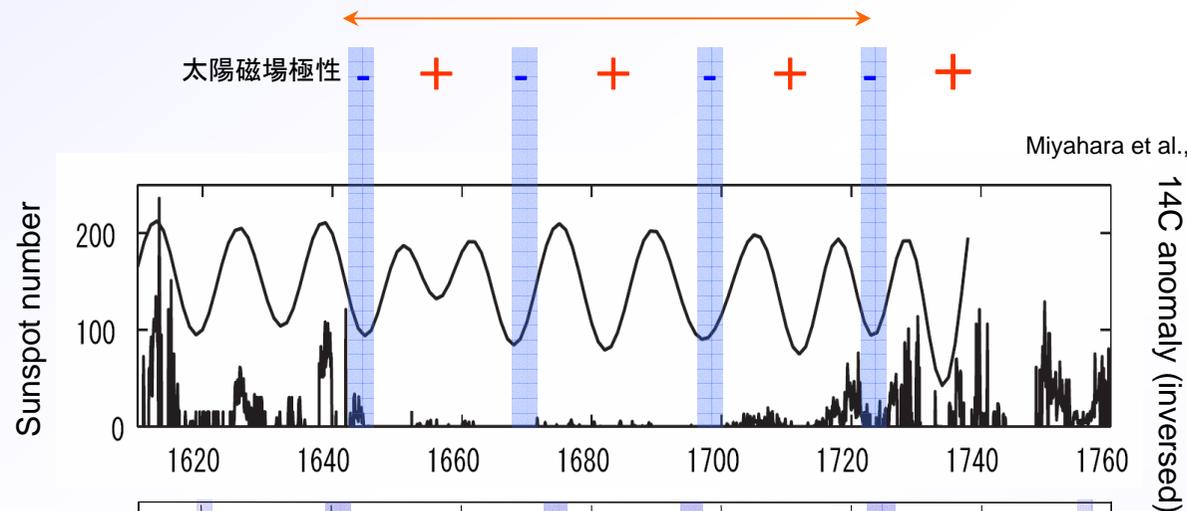
Yamaguchi et al., 2010

Solar 11-year cycle  
(TSI, UV etc)

Based on Tree rings:  
No dating error

Galactic Cosmic Ray  
22-year cycle

Based on Ice core:  
A few years of errors in dating



30-50 % Increase of GCRs at  
Every other solar cycle (at negative polarity)

28年おきに1年スケールの宇宙線異常増加  
= 気候システムの応答をトレースできる

# 1年スケールの宇宙線異常増加と気候変動

**Relative Humidity In Japan**

Mass fractionation depending on transpiration rate

Dryer/  
Warmer  
↓

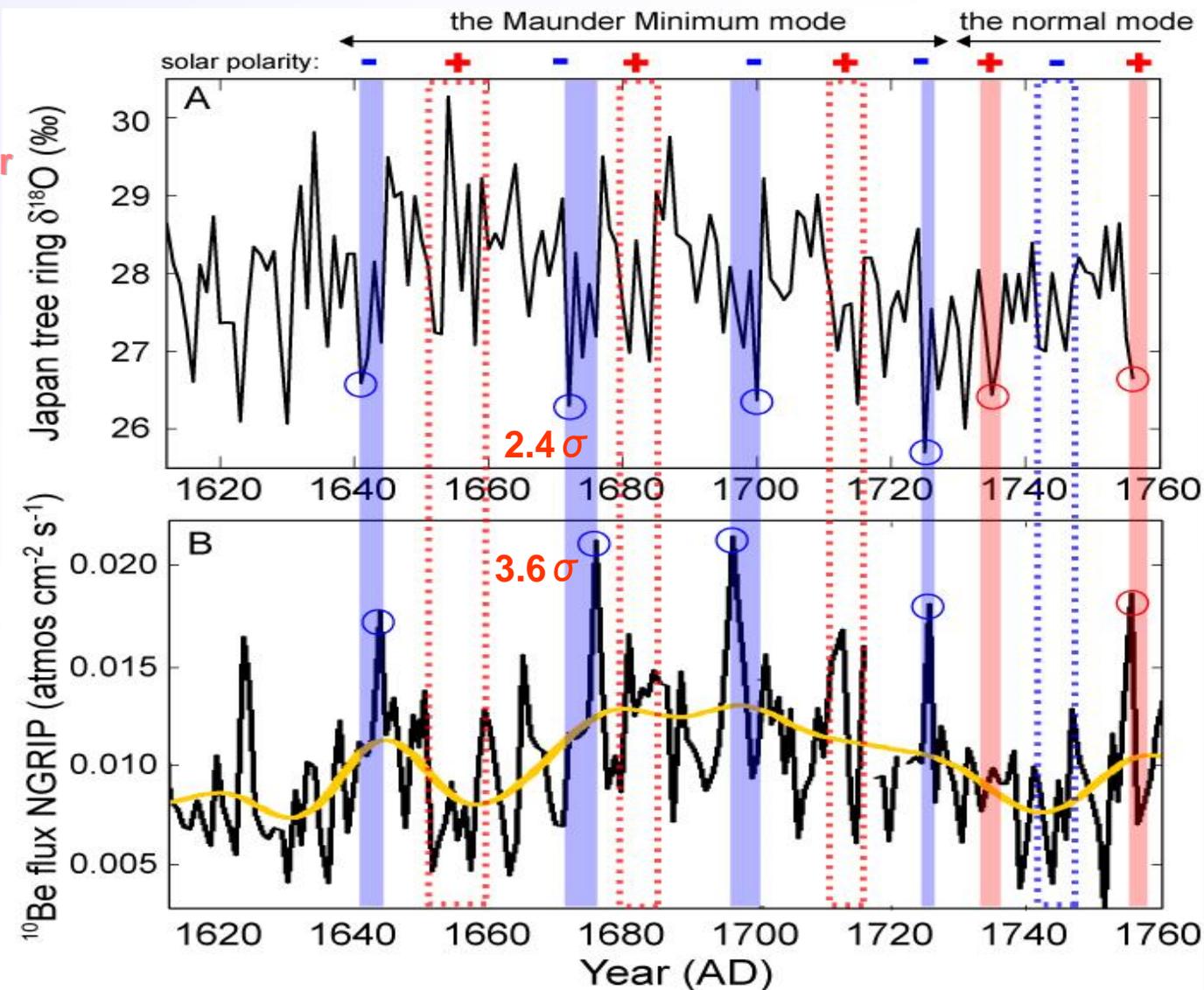
Wetter/  
Colder  
↑

**Cosmic Rays**

(dating error : a few years)

Higher intensity  
↑

Lower intensity  
↓



# 宇宙線増加に対する 気候の応答

Relative Humidity  
In Japan

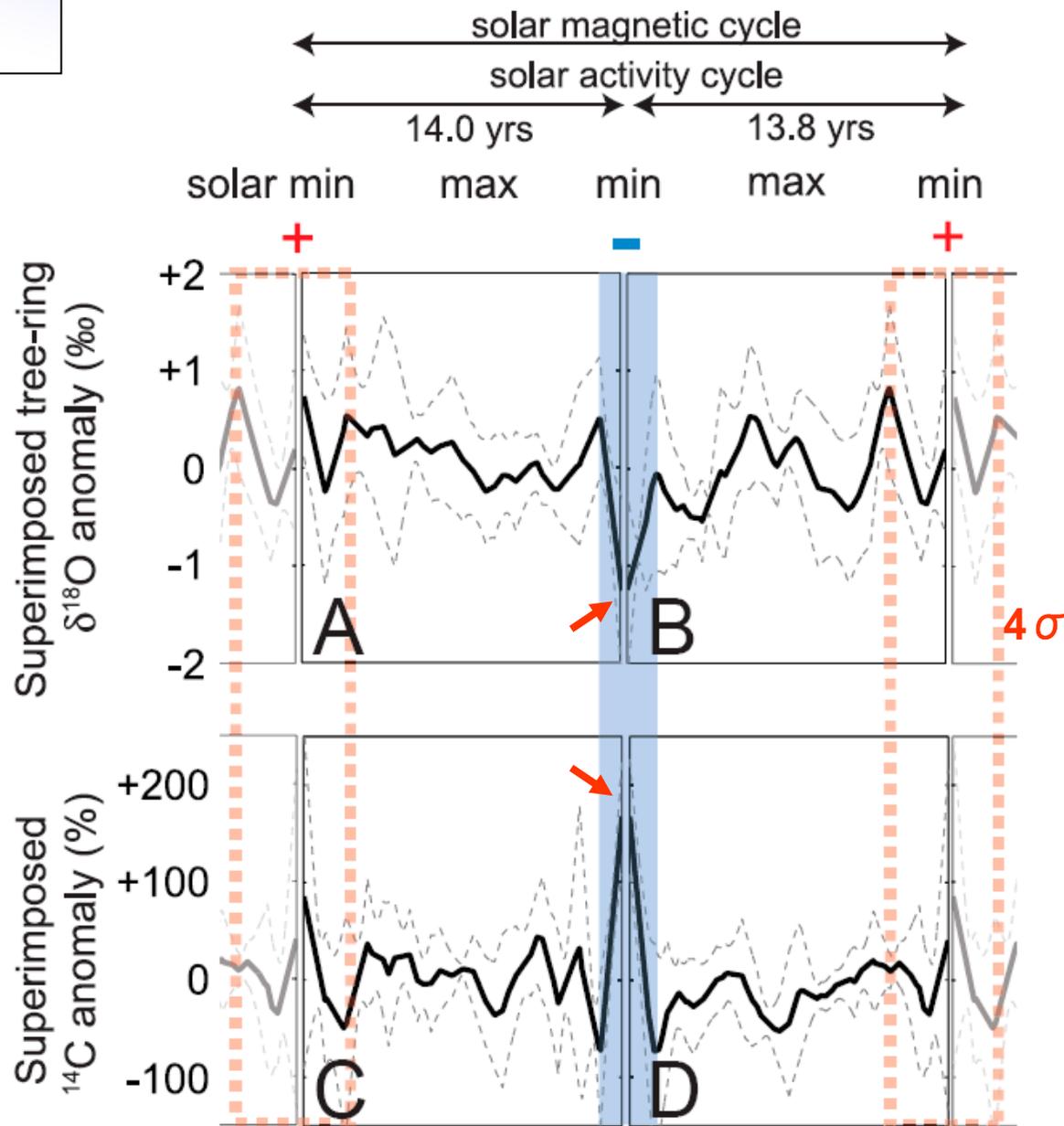
dryer

Wetter

Cosmic Rays

Higher intensity

Lower intensity

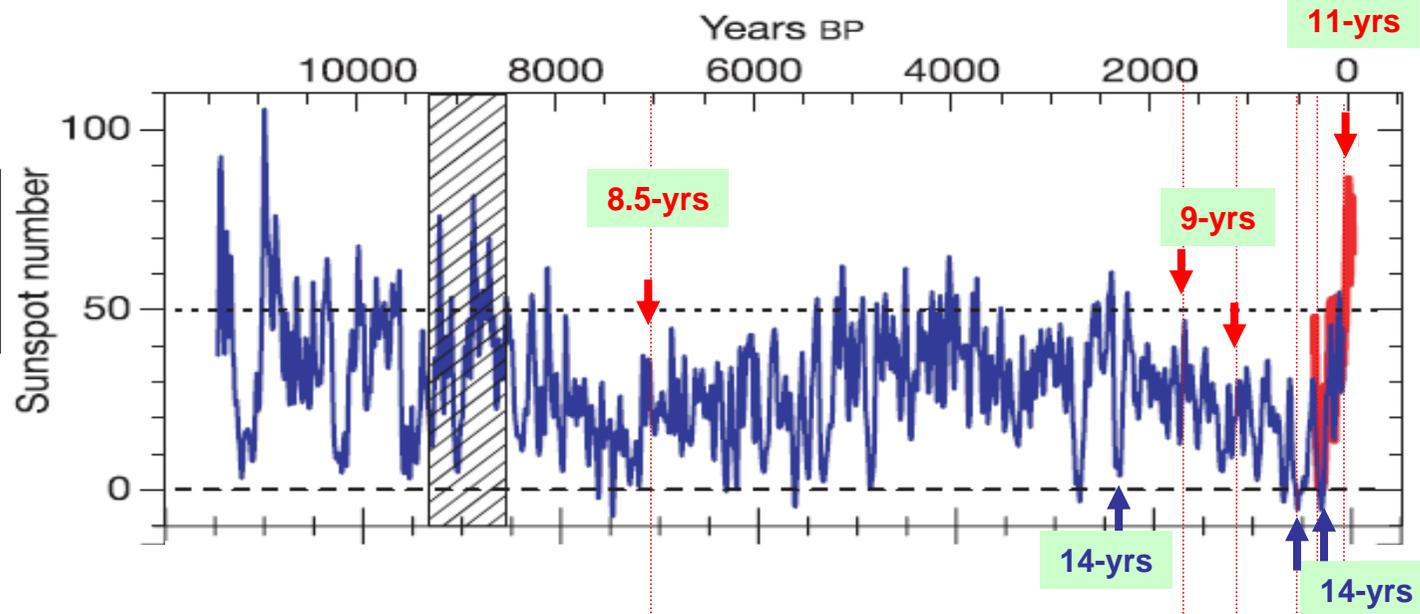


# 太陽活動変動史への制約

11年周期の伸縮の検出による太陽活動度復元

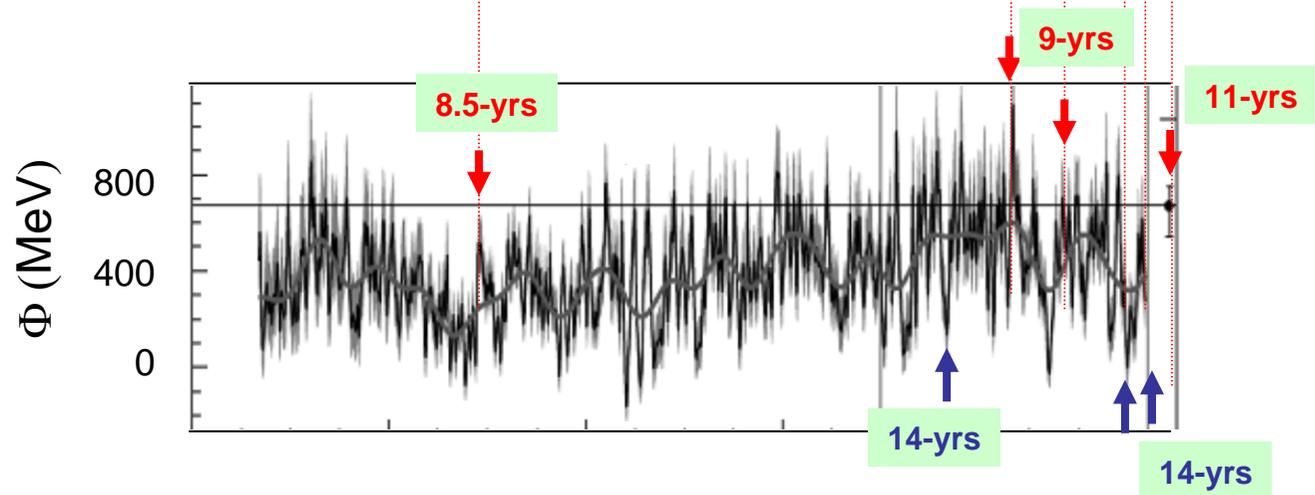
Based on  $^{14}\text{C}$   
→

(Solanki, 2004;  
2005)



Based on  $^{10}\text{Be}$

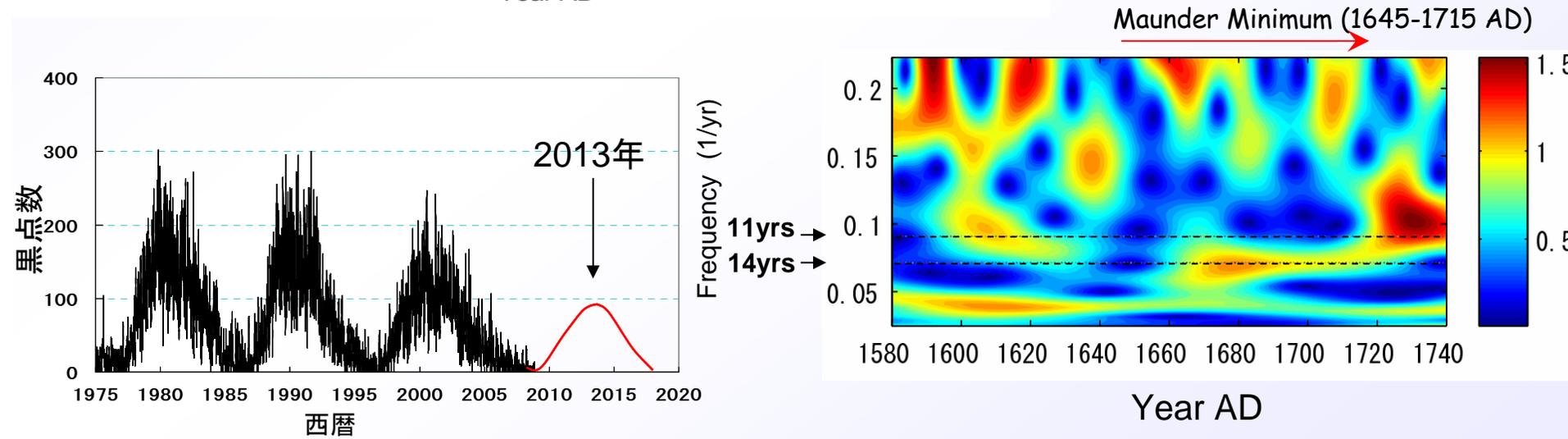
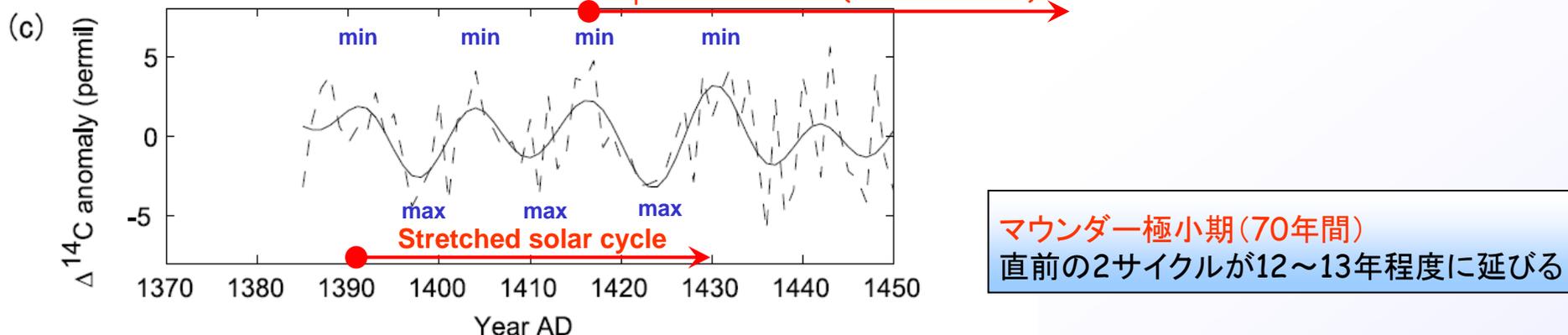
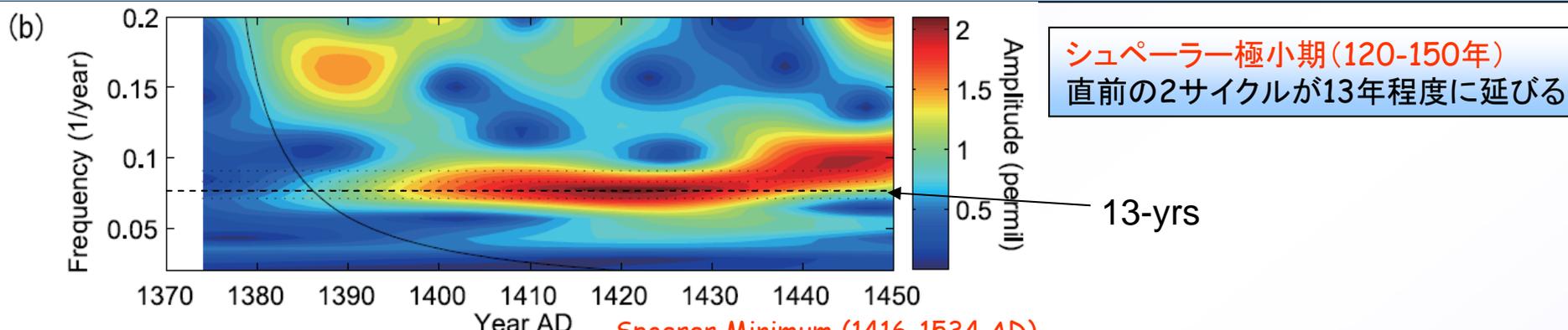
(Vonmoos, 2006)



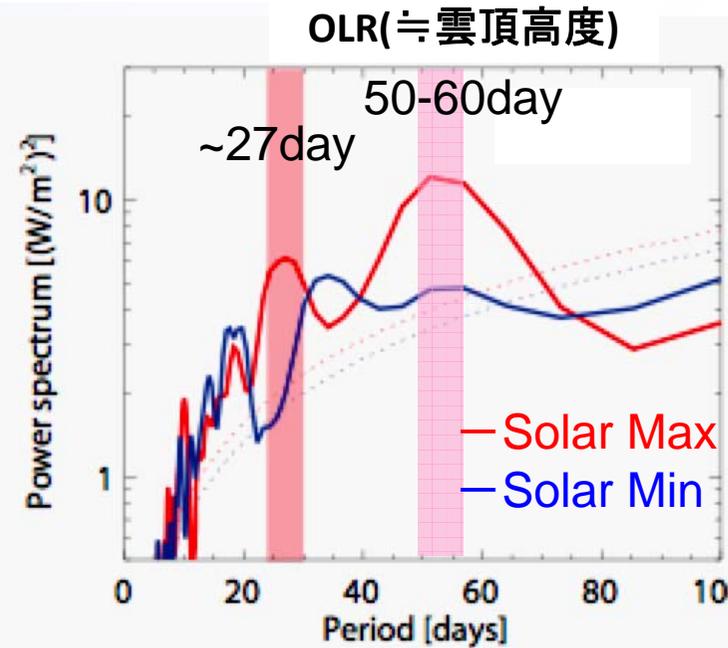
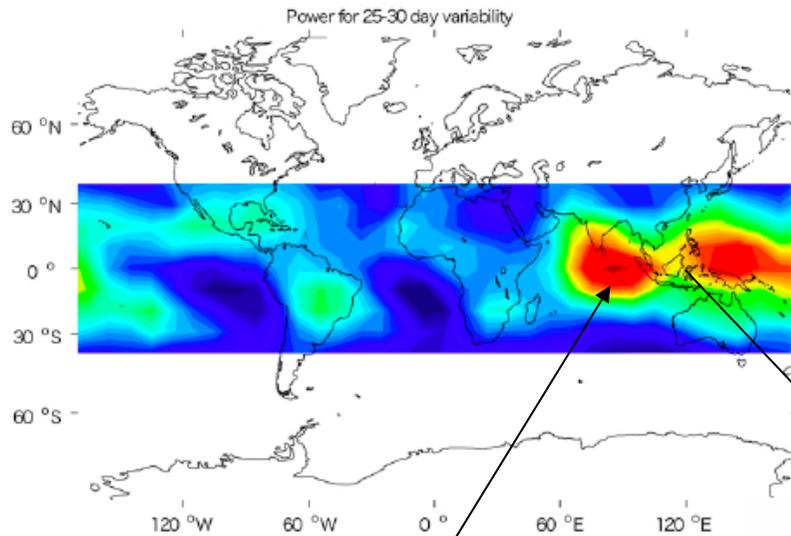
データによって異なる変動史: 地磁気強度変動、気候変動(炭素循環・降雪量変動)のコンタミネーション

# 無黒点期の予測に向けて

Miyahara et al., 2010

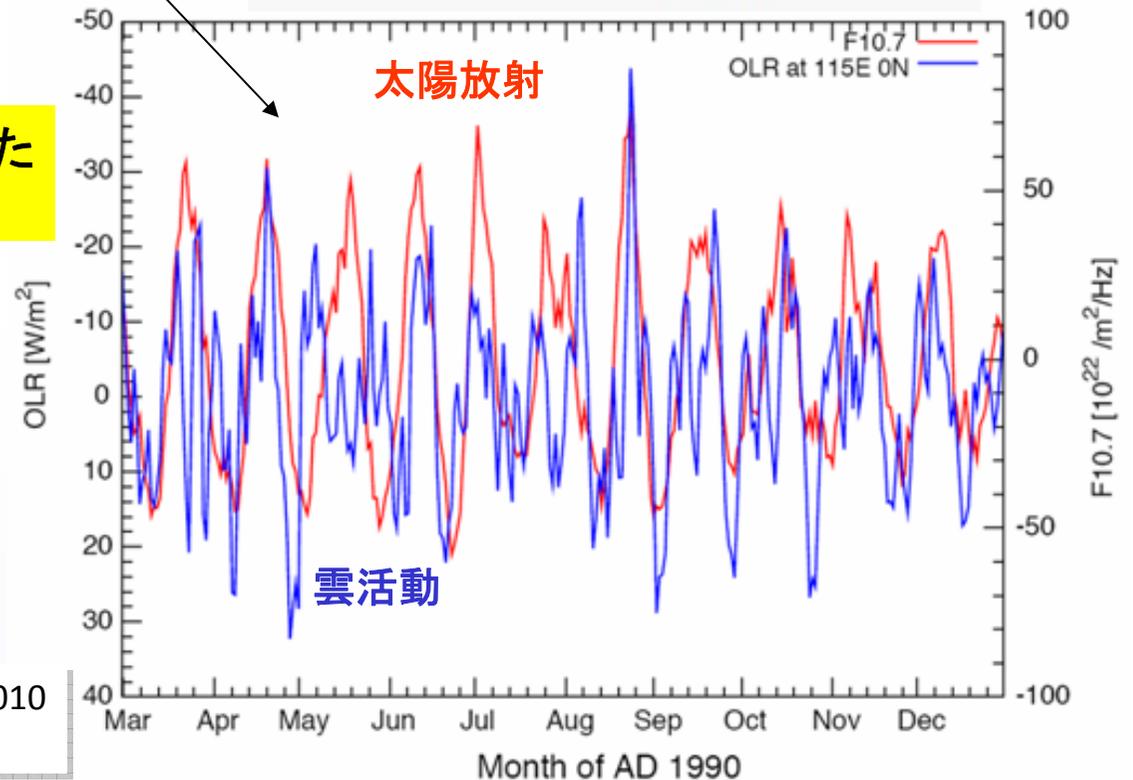


# 太陽の自転と雲生成活動



太陽の自転(黒点の移動)に同期した  
27日スケールの雲の増減

熱帯赤道域の大気観測が必要



Takahashi, Okazaki, Sato, Miyahara et al., ACP, 2010  
Hong, Miyahara et al., JASTP, 2010

# まとめ

- 宇宙線を介したシステムとして  
太陽-太陽圏-地球環境を包括的に理解することを目指す
- 宇宙線イベントの発見→増加年代は炭素14の高精度分析で確定  
日本各地のほか台湾やチリなど、赤道熱帯域の樹木を収集中。  
宇宙線増加に対する気候システムの応答の理解を目指す
- 宇宙線が気候に影響する素過程の解明のための実験が必要  
グローバルサーキットの理解(赤道熱帯域の雷と雲生成)
- 来年度より山形大学の加速器質量分析計が本格稼動  
超高精度分析により、11年変動の波形を復元  
太陽ダイナモにより厳密な制約を与えるデータを取得
- セルロース抽出およびグラフィット化調整のための  
実験設備を実験棟に構築予定
- 宇宙気候学専用の炭素14専用小型加速器の購入を目指す